

УДК 624.074

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕРЕВЯННЫХ ПОЛИГОНАЛЬНЫХ СВОДЧАТЫХ ПОКРЫТИЙ

Асп. А. В. Бойко, д-р техн. наук В. В. Стоянов,  
кандидаты техн. наук А. А. Бояджи, О. М. Коршак, С. М. Чучмай (ОГАСА)

## ПРОЕКТУВАННЯ ДЕРЕВ'ЯНИХ ПОЛІГОНАЛЬНИХ СКЛЕПІНЧАСТИХ ПОКРИТТІВ

Асп. О. В. Бойко, д-р техн. наук В. В. Стоянов,  
кандидати техн. наук А. О. Бояджи, О. М. Коршак, С. М. Чучмай (ОДАБА)

## DESIGN OF POLYGONAL COVERAGE COATINGS OF WOOD

Pg. O. V. Boyko, dr. tech. sc. V.V. Stoyanov,  
phd. tech. sc. A. O. Voiadzhi, O. M. Korshak, S. M. Chuchmai

*Рассмотрены варианты использования деревянных двутавровых балок со стенкой из OSB в качестве несущих элементов для полигональных сводчатых покрытий зданий различных прогонів. Легкость и небольшая стоимость таких конструкций открывает новые возможности их применения в строительстве. Полигональную форму покрытия позволяют придать специальные стальные соединительные элементы. Приведены расчеты конструкций пролетом 12 и 18 м и анализ их напряженно-деформированного состояния.*

**Ключевые слова:** покрытия, арки, своды, балки, напряжения, конструкции.

*Розглянуто варіанти використання дерев'яних двотаврових балок зі стінкою з OSB як несучих елементів для полігональних склепінчастих покриттів будівель різних прольотів. Легкість і невелика вартість таких конструкцій відкриває нові сфери їх застосування в будівництві. Полігональної форми покриттю дають змогу надати спеціальні сталеві з'єднувальні елементи. Наведено розрахунки конструкцій прогоном 12 і 18 м і аналіз їх напружено-деформованого стану.*

**Ключові слова:** покриття, арки, склепіння, балки, напруги, конструкції.

*Currently in Ukraine the production of wooden I-beams with a wall of OSB is a steady increase. Analysis of the structural forms of composite beams, the features of their use in the frame of buildings, along with the existing methods of the composite wooden beams calculating, indicate that, if certain requirements are met for wooden I-beams, they can be used in polygonal vaulted coverings span of 12-18 m. Polygonal shape of the coating is made possible by special steel connecting elements. During the design, various solutions of the nodes (hinged, flexible, and rigid) were considered. Based on the preliminary calculations, hinge nodes were selected.*

*The considered constructions are made of wooden I-beams with OSB-wall next sizes: beam height 120 mm, belt height 40 mm, belt width 90 mm, thickness of OSB wall 10 mm, length 1400 mm and more, connected by pairs of metal pads. Calculations of the structures with a span of 12 and 18 meters and an analysis of their stress-strain state are given.*

**Keywords:** coverings, arches, vaults, beams, tensions, structures.

**Введение.** В настоящее время в Украине наблюдается устойчивое увеличение объемов производства двутавровых деревянных балок (ДДБ) со стенкой из OSB. Это значительно снизило импорт таких изделий и наполнило отечественный строительный рынок легкими и эффективными конструкциями собственного производства. Отметим, что составные балки с элементами из листа OSB все чаще используются в каркасах малоэтажных зданий, а также в качестве элементов покрытий и перекрытий в каменных зданиях. Легкость и небольшая стоимость таких конструкций открывает новые сферы их применения в строительстве [1].

**Анализ последних исследований и публикаций.** Проведенные ранее на кафедре МДиПК ОГАСА исследования прочности и деформативности двутавровых деревянных балок со стенкой из OSB [1–3], а также анализ различных конструктивных форм составных балок и особенностей их применения в каркасе зданий показали, что при выполнении определенных конструктивно-технологических требований к ДДБ [4] (в совокупности с существующими методиками расчета таких балок) они могут быть использованы в полигональных сводчатых покрытиях (рис. 1) пролетом 12–18 м.

**Определение цели и задания исследования.** Целью данного исследования является определение и анализ напряженно-деформированного состояния полигональных сводчатых конструкций при различных вариантах их конструктивных элементов. Для достижения этой цели были поставлены следующие задания:

- 1) предварительная разработка вариантов узлов конструкций покрытия пролетом 12 и 18 м;
- 2) разработка моделей таких конструкций (ПК Autodesk Inventor 2018);
- 3) разработка для этих конструкций расчетных схем (ПК ANSYS R14.5);
- 4) расчет вариантов и анализ полученных результатов.

**Основная часть исследования.** Расчет двух видов покрытия (без опор для

12 м пролета (рис. 1,а) и с опорами для 18 м (рис. 1,б)) показал, что при опирании полигональной арки без затяжек на стены здания усилия распора воспринимаются стенами здания. Изгибающие моменты, возникающие в этом случае в стенах, вызывают на внутренних сторонах поперечных сечений этих стен растягивающие усилия – в железобетонных стенах для восприятия этих усилий нужно подбирать дополнительную арматуру, в кирпичных же стенах возникновение таких усилий недопустимо. Таким образом, при применении таких конструкций нужно использовать арки с затяжками или предусмотреть другие решения, направленные на отвод действия распора на стены [5].

Наличие несущих стен между опорами конструкции позволяют установить дополнительные стойки и увеличить жесткость конструкции или облегчить её. Также дополнительные стойки можно установить при необходимости на фронтонах здания [6].

Рассматриваемые полигональные покрытия пролетом 12 м набираются из деревянных двутавровых балок с OSB-стенкой следующих размеров: высота балки 120 мм, высота поясов 40 мм, ширина пояса 90 мм, толщина стенки из OSB 10 мм, длина 1400 мм и более, соединенных между собой парными металлическими накладками [1]; при увеличении пролета покрытия до 18 м размеры поясов сохраняются, а высоту стенки нужно увеличить в два раза для обеспечения жесткости конструкции покрытия.

Наиболее распространенной конструктивной формой составной балки с элементами из листа OSB является балка со сплошными поясами из дерева, у которой стенка из листа OSB вклеена в паз, устроенный в поясе балки. К недостаткам данной конструктивной формы можно отнести необходимость специального оборудования для устройства пазов и прессов для выдержки конструкций балки на период высыхания клея [7].

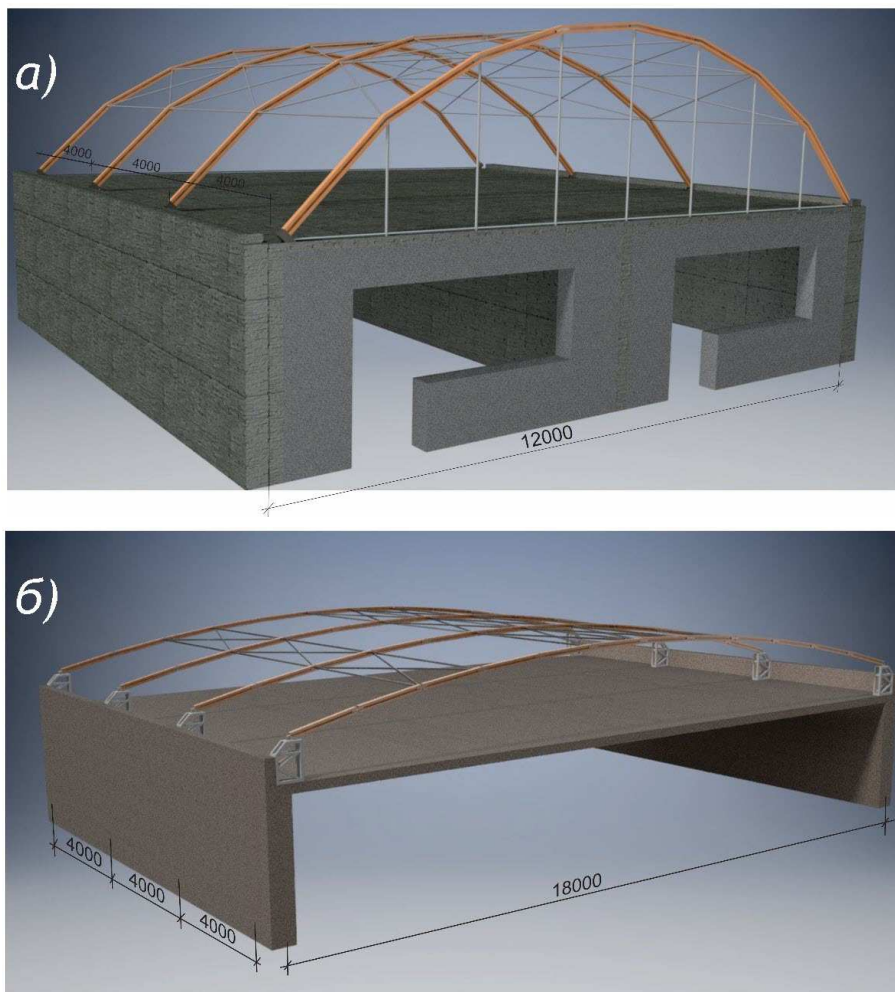


Рис. 1. Полигональные сводчатые покрытия:  
а – пролетом 12 м; б – пролетом 18 м

В лаборатории деревянных конструкций ОГАСА были проведены испытания составных деревянных балок пролетом 2,4 м следующего конструктивного решения: клефанерная балка с плоской стенкой, вклеенной в паз в полках из цельной древесины (рис. 2); клефанерная балка с плоской стенкой и с поясами из деревянных брусков, приклеенных по бокам стенки; клефанерная балка со стенкой, вклеенной в паз в полках из клееной древесины; составная балка с поясами из деревянных брусков, соединенных со стенкой из OSB на шурупах. Для исследуемых составных деревянных балок были рассчитаны теоретические прогибы и максимальная несущая нагрузка с

использованием существующей нормативной методики расчета по ДБН.

Результаты численного расчета представлены в виде изополей распределения напряжений (рис. 3) и перемещений в расчетной модели балки (рис. 4). По виду распределения напряжений в элементах конструкции можно сказать следующее: нормальные напряжения достигают максимальных значений в 1/4 пролета в узле стыка прямолинейных элементов конструкции (рис. 5) и близки к расчетному сопротивлению на растяжение – сжатие плиты OSB толщиной 10 мм и снижаются к середине пролета арки; касательные напряжения в элементах стенки в 4–5 раз ниже нормальных напряжений с

максимумом на опорах і в місцях прилошення нагрузки.

В заключение отметим, что технологические проблемы армирования, а также разработка новых конструктивных решений

стыков требуют дополнительных исследований (расчетных и экспериментальных), которые вполне выполнимы в условиях интенсивного развития современных технологий.

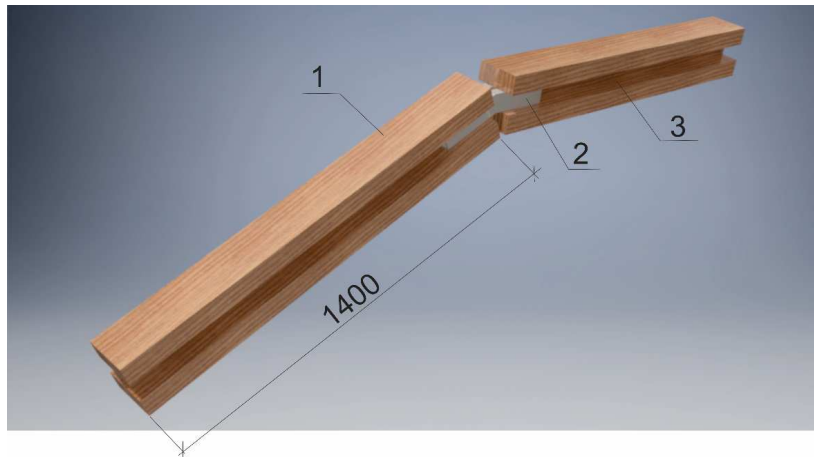


Рис. 2. Деревянные двутавровые балки (ДДБ):

1 – полка балки (90x40 мм); 2 – соединительный элемент; 3 – стенка из OSB (10 мм)

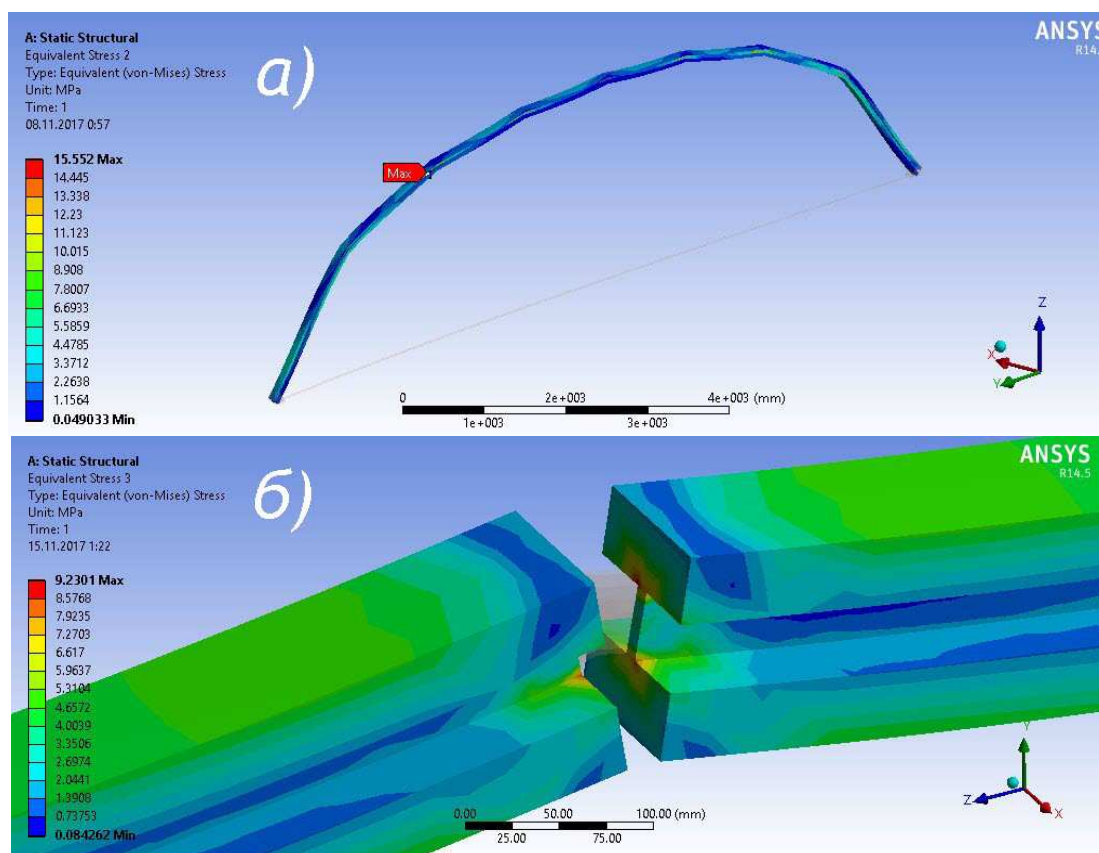


Рис. 3. Изополя эквивалентных напряжений в деревянных элементах арочной конструкции пролетом 12 м: а – по всей конструкции; б – в наиболее нагруженном узле

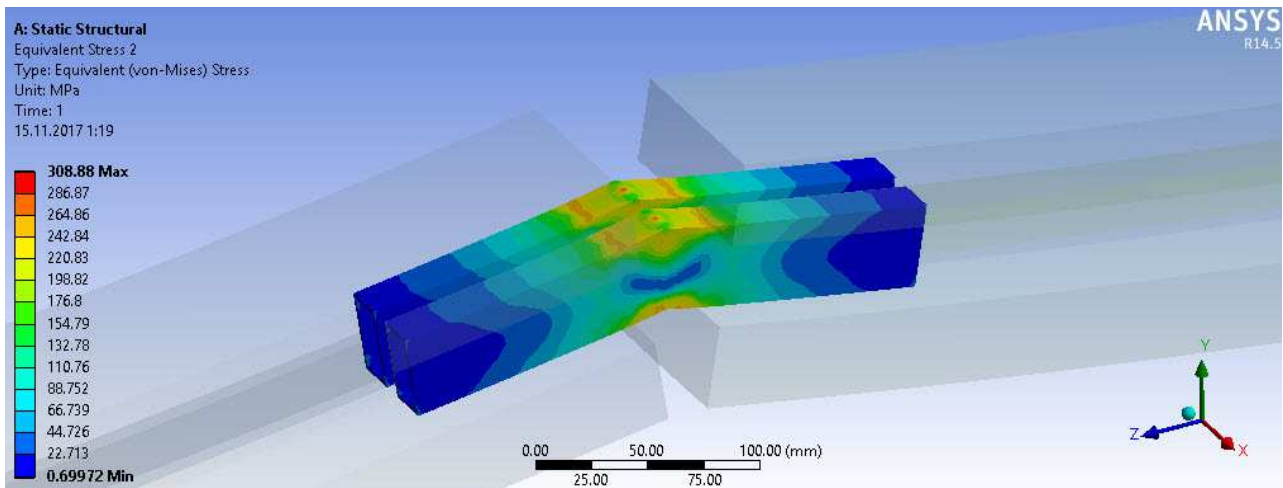


Рис. 4. Изополя эквивалентных напряжений в стальных элементах конструкции

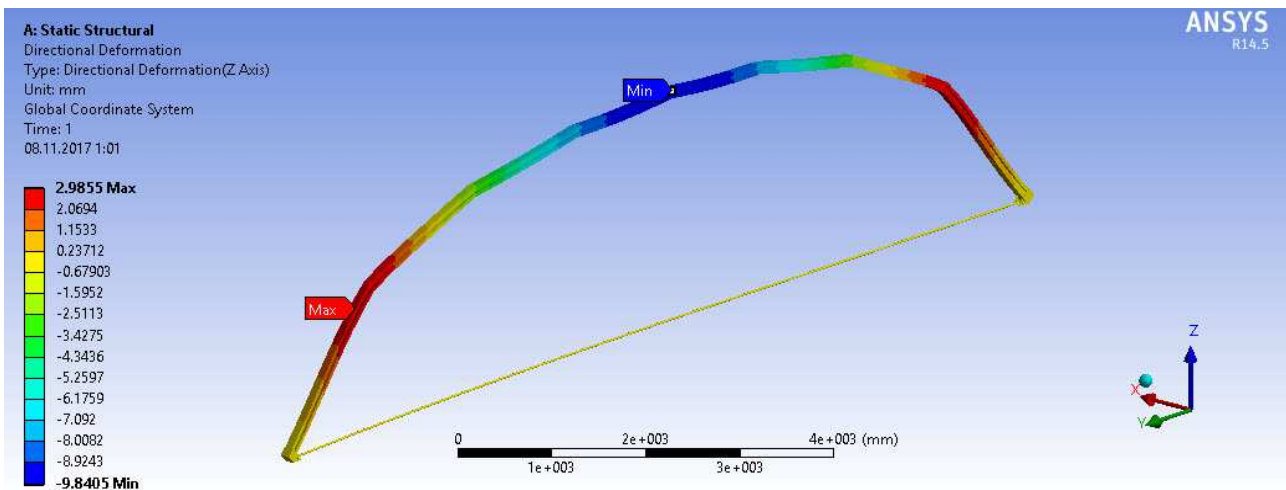


Рис. 5. Изополя перемещений в арочной конструкции пролетом 12 м

Для повышения прочности стенки из OSB и исключения их хрупкого разрушения стенки были усилены тонкими металлическими сетками.

**Выводы.** Проведенные теоретические, аналитические и численные исследования показали возможность применения ДДБ со стенкой из OSB в конструкциях покрытий не только прямолинейного, но и различных полигональных очертаний.

Расчеты показали приемлемые коэффициенты запаса таких конструкций. Для определения действительного напряженно-деформированного состояния рассматриваемой конструкции в лаборатории кафедры металлических, деревянных и пластмассовых конструкций ОГАСА ведутся экспериментальные исследования моделей сводчатых полигональных конструкций.

*Список использованных источников*

1. Деревянные двутавровые балки с торцевыми узлами для устройства полигональных сводов покрытия 12...18 м [Текст] / В. В. Стоянов, О. М. Коршак, А. В. Бойко, А. В. Чучмай // Современные строительные конструкции из металла и древесины. – 2017. – №1. – С. 56–62.
2. Торцевий вузол двотаврових дерев'яних балок [Текст]: заявка 5043/3А/17 / Стоянов В. В., Бойко А. В. – № 201701663; заявл. 21.02.2017.
3. Стоянов, В. В. Двутаврові балки з дерев'яними поясами і стінкою з OSB [Текст] / В. В. Стоянов, О. М. Коршак // Деревообробник. – 2009. – №6. – С. 17–30.
4. Мартинец, Д. В. Клееные деревянные конструкции [Текст] / Д. В. Мартинец. – М.: Картограф, 1975. – 52 с.
5. Ломакин, А. Д. Клееные деревянные конструкции в сельскохозяйственных зданиях [Текст] / А. Д. Ломакин, Д. В. Мартинец. – М.: Сторойиздат, 1982. – 103 с.
6. Кузнецов, И. Л. Облегченные конструкции арочных зданий (исследование, разработка, внедрение) [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук : 05.23.01 / Кузнецов Иван Леонидович. – Казань, 1995. – 310 с.
7. Rachera, P. Effect of web stiffness on the bending behaviour of timber composite I-beams [Text] / P. Rachera, J. Vocquetb, A. Bouchaira // Materials & Design. – 2007. – С. 844–849.

---

Бойко Олексій Віталійович, аспірант кафедри металевих, дерев'яних та пластмасових конструкцій Одеської державної академії будівництва та архітектури. Тел.: (050) 516-60-00. E-mail: boikoolv@gmail.com.  
Стоянов Володимир Васильович, д-р техн. наук, професор кафедри металевих, дерев'яних та пластмасових конструкцій Одеської державної академії будівництва та архітектури. Тел.: (067) 707-23-82. E-mail: mdipk@ukr.net.  
Бояджі Андрій Олександрович, канд. техн. наук, старший викладач кафедри металевих, дерев'яних та пластмасових конструкцій Одеської державної академії будівництва та архітектури. Тел.: (096) 695-55-10. E-mail: mdipk4@gmail.com.  
Коршак Ольга Михайлівна, канд. техн. наук, доцент кафедри металевих, дерев'яних та пластмасових конструкцій Одеської державної академії будівництва та архітектури. Тел.: (067) 481-74-07. E-mail: bagiraolga@ukr.net.  
Чучмай Сергій Михайлович, канд. техн. наук, доцент кафедри металевих, дерев'яних та пластмасових конструкцій Одеської державної академії будівництва та архітектури. Тел.: (096) 819-14-29. E-mail: mdipk@ukr.net.

Boyko Oleksiy, postgraduate student of the department of metal, wooden and plastic structures of the Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture. Tel.: (093) 677-73-35. E-mail: boikoolv@gmail.com.  
Stoyanov Vladimir, doctor of technical sciences, professor of the department of metal, wooden and plastic structures of the Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture. Tel.: (067) 707-23-82. E-mail: mdipk@ukr.net.  
Boiadzhi Andrii, Ph.D., senior lecturer of the department of metal, wooden and plastic structures of the Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture. Tel.: (096) 695-55-10. E-mail: mdipk4@gmail.com.  
Korshak Olga, Ph.D., associate professor of the department of metal, wooden and plastic constructions of the Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture. Tel.: (067) 481-74-07. E-mail: bagiraolga@ukr.net.  
Chuchmay Sergey, Ph.D., associate professor, department of metal, wooden and plastic structures of the Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture. Tel.: (096) 819-14-29. E-mail: mdipk@ukr.net.

Стаття прийнята 15.12.2017 р.